

BAB II

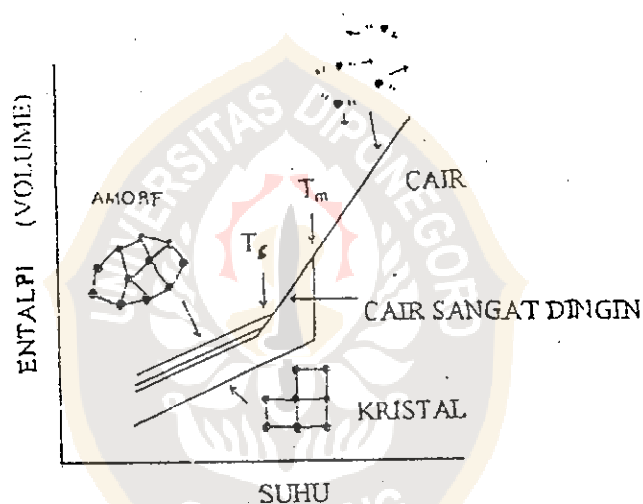
DASAR TEORI

2.1. Silikon Amorf

Istilah amorf mempunyai arti susunan acak. Menurut Hummel (1993) padatan amorf merupakan padatan yang atom-atom penyusunnya mempunyai susunan acak. Atom-atom di dalam padatan amorf tidak mempunyai simetri periodik atau dikatakan tidak mempunyai struktur kristalin. Distribusi acak atom-atom dalam padatan amorf menyerupai keadaan atom-atom pada gas. Material amorf hanya mempunyai keteraturan pada jangkauan pendek (*short range order*). Keteraturan atomik padatan amorf terbatas hingga tetangga terdekatnya. Posisi atom dengan atom tetangga terdekat yang melingkupinya identik dengan posisi atom-atom pada padatan kristalin. Posisi atom-atom tetangga yang jauh dari suatu atom tertentu tidak teratur sehingga material amorf memperlihatkan ketidakteraturan pada jangkauan panjang (*long range disorder*). Menurut Street (1991) ketidakteraturan atom-atom dalam padatan amorf disebabkan adanya deviasi sudut ikatan dan panjang ikatan.

Hummel (1993) mengatakan bahwa unsur-unsur atau senyawa yang mempunyai struktur kristalin pada keadaan biasa dapat dibuat menjadi berstruktur amorf dengan menggunakan metoda pendinginan cepat (*rapid cooling method*). Pada fasa cair atom-atom dapat bergerak dengan leluasa. Danker (1985) mengatakan bahwa jika atom-atom pada fasa cair didinginkan dengan cepat menurut garis kesetimbangan termodinamika maka akan memasuki fasa cair

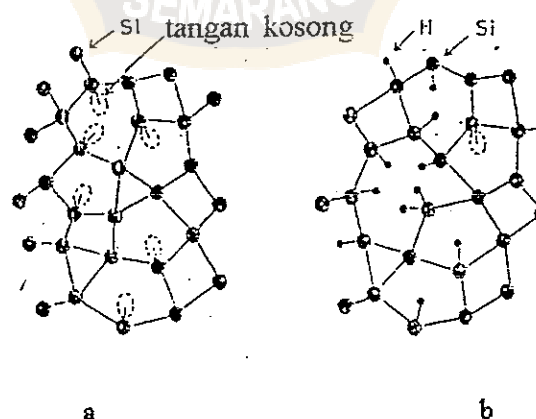
sangat dingin (*super cooled liquid phase*) dan mencapai titik transisi gelas. Suatu zat cair yang didinginkan hingga di bawah titik lelehnya akan menghasilkan kristal. Menurut Jones dalam Danker (1985) proses kristalisasi merupakan transisi orde pertama yang ditandai dengan perubahan volume diskontinyu pada titik leleh yaitu pengurangan volume pada proses pembekuan. Sebaliknya pembentukan amorf ditandai dengan perubahan volume secara kontinyu hingga mencapai titik transisi gelas, pada keadaan ini terbentuk amorf. Secara skematis pembentukan amorf ditunjukkan gambar 2.1.



Gambar 2.1. Skema pembentukan amorf (Matsuda, 1988).

Menurut Matsuda (1988) silikon amorf dapat dibuat dengan metode evaporasi yaitu dengan memanaskan silikon hingga di atas titik lelehnya pada orde tekanan 10^{-5} Torr. Atom-atom silikon mengalami perubahan yang cepat dari fasa padat menjadi fasa uap dan terdeposisi pada substrat. Metode evaporasi yang biasa digunakan adalah dengan pemanasan Joule yaitu dengan mengalirkan arus

listrik beberapa puluh ampere pada filamen evaporasi hingga silikon menguap dan terdeposisi pada substrat. Metode evaporasi mempunyai kelemahan antara lain bahan yang terdeposisi seringkali mengalami kontaminasi dengan senyawa atau unsur pengotor yang tidak dikehendaki, terjadi fluktuasi kerapatan dan kekosongan. Selain itu silikon amorf yang dihasilkan mempunyai kelemahan yaitu adanya tangan-tangan kosong (*dangling bond*). Tangan-tangan kosong tersebut mengakibatkan *state* terlokalisasi pada celah pita energi antara pita valensi dengan pita konduksi. Hal tersebut menyebabkan sifat-sifat yang kurang menguntungkan apabila digunakan sebagai bahan semikonduktor. Menurut Matsuda (1988) *state* terlokalisasi merupakan pusat rekombinasi, elektron dan lubang (*hole*) yang ditimbulkan oleh foton akan mengalami rekombinasi segera setelah terbentuk sehingga silikon amorf tidak fotokonduktif. Menurut Street (1991) *state* terlokalisasi juga menyebabkan bahan silikon amorf sulit dikotori dengan unsur pengotor. Struktur silikon amorf dan silikon amorf terhidrogenasi ditunjukkan dalam gambar 2.2.



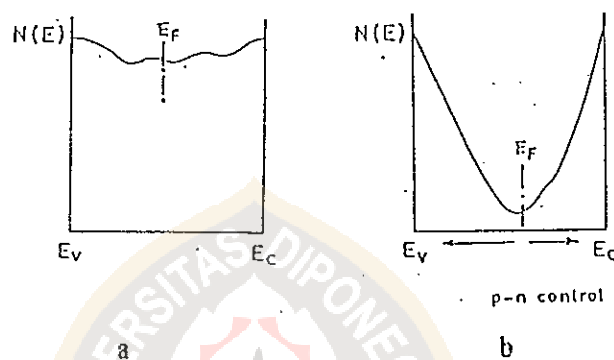
Gambar 2.2. Struktur silikon
(a) amorf, (b) silikon amorf terhidrogenasi (Matsuda,1988)

Silikon mempunyai nomor atom 14 dan nomor massa 28, 29 dan 30. Atom-atom dalam silikon amorf terikat secara kovalen seperti atom-atom dalam silikon kristalin. Ikatan kovalen dalam silikon kristal maupun amorf terbentuk karena penggunaan elektron valensi secara bersama-sama untuk memenuhi konfigurasi elektronik seperti gas mulia. Menurut Kittel (1996) suatu kristal ideal tersusun oleh perulangan satuan struktural identik di dalam ruang. Atom-atom dalam silikon kristal mempunyai keteraturan berjangkauan panjang (*long range order*). Susunan periodik atom-atom pada silikon amorf digantikan oleh jaringan acak kontinyu. Jaringan acak kontinyu pada silikon amorf mempunyai sifat mudah dimasuki atom lain dengan koordinasi ikatan yang berbeda. Kemampuan silikon amorf memasukkan atom-atom lain dengan koordinasi yang berbeda ini tidak ditemui pada silikon kristalin.

2.2. Silikon Amorf Terhidrogenasi ($a\text{-Si:H}$)

Menurut Kittel (1996) bahan amorf mempunyai sifat hampir sama dengan silikon kristalin. Tingkat fermi yaitu tingkat energi yang mempunyai kebolehjadian menemukan elektron sama dengan 0.5 pada silikon amorf terletak di dekat pusat celah terlarang seperti halnya tingkat fermi dalam silikon kristal. Silikon amorf dapat bersifat seperti silikon kristalin jika cacat bawaan yang berupa tangan-tangan kosong dapat dihilangkan. Menurut Matsuda (1988) dengan memasukkan atom-atom hidrogen ke dalam jaringan silikon amorf maka tangan-tangan kosong dalam silikon amorf dapat dikurangi. Atom-atom hidrogen akan berikatan dengan tangan-tangan kosong dan mengurangi *state* terlokalisasi

pada celah pita sehingga tingkat fermi dapat digeser ke arah pita valensi maupun pita konduksi dengan memasukkan (*doping*) atom-atom pengotor seperti boron atau fosfor ke dalam a-Si:H. *State* terlokalisasi menjadi berkurang setelah atom-atom hidrogen masuk. Gambar 2.4. menunjukkan rapat keadaan silikon amorf dan silikon amorf terhidrogenasi.



Gambar 2.3. Rapat keadaan (a) silikon amorf dan (b) silikon amorf terhidrogenasi (Matsuda, 1988)

2.3. Tinjauan Umum Plasma

2.3.1. Karakteristik plasma

Plasma adalah gas yang terionisasi, merupakan fasa keempat setelah fasa padat, cair dan gas (Nur, 1998). Seperti halnya substansi pada fasa padat, cair dan gas, plasma sering dijumpai dalam kehidupan manusia sehari-hari. Aurora di daerah kutub, bintang-bintang termasuk matahari, materi interstellar (*interstellar materi*) dan nebula merupakan plasma alamiah (Konuma, 1992). Di laboratorium plasma dibangkitkan dengan lucutan listrik pada gas di dalam tabung lucutan bertekanan rendah.

Plasma terbentuk karena ionisasi sebagian atau seluruh gas. Berdasarkan derajat ionisasinya plasma digolongkan menjadi dua yaitu terionisasi kuat dan lemah. Plasma dikatakan terionisasi kuat jika derajat ionisasinya lebih besar dari 10^{-4} dan terionisasi lemah jika derajat ionisasinya lebih kecil dari 10^{-4} . Derajat ionisasi (α_i) dirumuskan sebagai (Nur, 1998)

$$\alpha_i = n/(n_o + n) \quad (1)$$

dengan

$$\begin{aligned} n &= \text{kerapatan partikel bermuatan} \\ n_o &= \text{kerapatan partikel netral} \end{aligned}$$

Meskipun plasma adalah gas yang terionisasi namun tidak semua gas terionisasi adalah plasma. Plasma mempunyai karakteristik tersendiri seperti panjang Debye, energi dan kerapatan plasma.

Menurut Konuma (1992) plasma merupakan sekumpulan partikel yang terdiri dari elektron-elektron, ion-ion dan molekul tereksitasi. Diantara partikel-partikel tersebut elektron dan ion merupakan partikel bermuatan. Suatu plasma yang terdiri dari ion-ion dengan kerapatan n_{i1} , n_{i2} , n_{i3}, \dots dan elektron dengan kerapatan n_e memenuhi (Konuma, 1992)

$$n_e = n_{i1} + n_{i2} + n_{i3} + \dots = n \quad (2)$$

n disebut kerapatan plasma (*plasma density*). Meskipun mengandung partikel bermuatan tetapi secara keseluruhan plasma bermuatan listrik netral. Kondisi ini dapat dipenuhi jika panjang sistem tabung lucutan jauh lebih besar daripada

panjang Debye (*Debye length*). Panjang Debye didefinisikan sebagai (Konuma, 1992)

dengan

$$\lambda_D = \sqrt{\frac{\epsilon_0 k T_e}{n e^2}} \quad (3)$$

ϵ_0 = permitivitas ruang hampa ($8.854 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$)
 k = konstanta Boltzmann ($1.3 \times 10^{-23} \text{ J/K}$)
 T_e = suhu elektron ($^{\circ}\text{C}$)
 n = kerapatan elektron (m^{-3})
 e = muatan elektron ($1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

Elektron, ion dan molekul di dalam plasma mempunyai energi kinetik yang berbeda-beda tidak seperti dalam gas biasa. Suhu plasma berturut-turut dinyatakan dalam suhu elektron, suhu ion dan suhu gas. Karena molekul mempunyai struktur internal maka energi sistem (ϵ) dinyatakan sebagai (Konuma, 1992)

$$\epsilon = \epsilon_{\text{trans}} + \epsilon_{\text{rot}} + \epsilon_{\text{vib}} + \epsilon_{\text{elect}} \quad (4)$$

dengan

ϵ_{trans} = energi translasional
 ϵ_{rot} = energi rotasional
 ϵ_{vib} = energi vibrasional
 ϵ_{elect} = energi elektronik

Menurut Creswell (1982) energi translasional adalah energi kinetik molekul yang disebabkan oleh perpindahan molakul dari satu tempat ke tempat lain di dalam ruang. Besarnya energi translasional adalah

$$\epsilon_{\text{trans}} = \frac{1}{2} m v^2 \quad (5)$$

Energi rotasional adalah energi kinetik molekul yang disebabkan rotasi pada sumbu yang melalui titik berat. Tingkat energi rotasional dinyatakan sebagai (Beiser, 1990)

$$\varepsilon_{\text{rot}} = J(J+1)\hbar^2 / 2I \quad (6)$$

Energi vibrasional adalah energi kinetik dan energi potensial molekul yang disebabkan oleh gerakan vibrasi molekul. Tingkat energi vibrasional dinyatakan sebagai (Beiser, 1990)

$$\varepsilon_{\text{vib}} = (v+1/2) h\nu \quad (7)$$

Energi elektronik adalah energi molekul yang disebabkan oleh energi potensial dan energi kinetik elektronnya. Energi kinetik elektron merupakan hasil gerakan elektron sedangkan energi potensial elektron timbul karena antaraksi elektron dengan inti dan dengan elektron lainnya.

Energi molekul di dalam plasma dinyatakan sebagai suhu rotasional (T_r), suhu vibrasional (T_v) dan suhu elektronik (T_{elect}) sedangkan energi elektron hanya dinyatakan dengan T_e karena elektron tidak mempunyai struktur internal seperti molekul.

Plasma yang digunakan dalam pembuatan lapisan tipis merupakan plasma lucutan pijar (*glow discharge*). Plasma untuk tujuan pembuatan lapisan tipis ini biasanya terbentuk pada tekanan 10^{-3} – 10 mmHg (Torr) mempunyai energi elektron 0.1-10 eV dan kerapatan elektron 10^{10} cm^{-3} dengan derajat ionisasi 10^{-4} (Konuma, 1992).

2.3.2. Pembentukan plasma dengan medan frekuensi radio

Proses ionisasi membutuhkan energi, oleh karena itu untuk membangkitkan plasma dari suatu gas dibutuhkan energi tambahan. Energi tambahan tersebut dapat diperoleh dari medan elektromagnet frekuensi radio. Medan elektromagnet tersebut dapat dihasilkan oleh osilator *Radio Frequency* (RF) yang dimasukkan pada reaktor plasma. Osilator rf adalah osilator yang memberikan getaran listrik pada daerah frekuensi radio (orde kHz-MHz). Medan elektromagnet frekuensi radio akan menambah energi gas sehingga terjadi proses ionisasi.

Proses ionisasi dapat terjadi dengan dua cara yaitu pertama dengan penyerapan energi elektromagnetik yang mengakibatkan transisi tingkat-tingkat energi atom dan kedua dengan tumbukan antar partikel. Molekul-molekul gas menyerap energi foton yang dipancarkan oleh gelombang elektromagnetik pada proses ionisasi dengan penyerapan energi gelombang elektromagnetik. Hal ini menyebabkan molekul-molekul gas mengalami transisi dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi. Apabila frekuensi foton datang melebihi frekuensi ambang ionisasi maka elektron akan terlepas dari ikatannya sehingga terbentuk ion-ion. Menurut Beiser (1991) proses ini memenuhi

$$h\nu = h\nu_0 + K \quad (8)$$

dengan

h = konstanta Planck (6.63×10^{-34} Js)

ν = frekuensi foton datang (Hz)

ν_0 = frekuensi ambang ionisasi (Hz)

K = energi kinetik (J)

Elektron yang terlepas karena ionisasi menumbuk partikel lain sehingga mengakibatkan ionisasi kedua dan demikian seterusnya. Penyerapan energi foton selain menyebabkan ionisasi juga dapat menyebabkan proses disosiasi yaitu pemisahan molekul-molekul gas menjadi atom-atom penyusunnya. Kebolehjadian proses interaksi elektron-partikel yang terjadi ditunjukkan dalam tabel 2.1.

Jika suatu molekul menerima energi maka energi dalam molekul akan mengalami transisi ke tingkat energi yang lebih tinggi. Proses ini disebut eksitasi. Jika energi yang diterima lebih besar lagi maka elektron terluar akan terlepas. Proses ini disebut ionisasi dan energi minimum yang diperlukan untuk proses ionisasi disebut energi ionisasi. Apabila energi ionisasi dinyatakan dalam elektronvolt maka disebut potensial ionisasi. Energi yang diperlukan untuk melepaskan elektron paling luar pertama disebut energi potensial ionisasi pertama. Potensial ionisasi pertama dari berbagai molekul ditunjukkan dalam tabel 2.2.

Tabel 2.1. Proses interaksi elektron-partikel (Mart, 1976)

$X + e \longrightarrow$	$X^* + e$	eksitasi atom
$X + e \longrightarrow$	$X^+ + 2e + KE$	ionisasi
$X + e \longrightarrow$	$X^* \rightarrow X^+ + 2e + KE$	autoionisasi
$XY + e \longrightarrow$	$XY^* + e$	eksitasi molekul
$XY + e \longrightarrow$	$X + Y + e + KE$	disosiasi molekul
$XY + e \longrightarrow$	$X^* + Y + e + KE$	disosiasi-eksitasi molekul
$XY + e \longrightarrow$	$X + Y^* + e + KE$	disosiasi-eksitasi molekul
$XY + e \longrightarrow$	$X^* + Y^* + e + KE$	disosiasi-eksitasi molekul
$XY + e \longrightarrow$	$XY^* \rightarrow X + Y + e + KE$	Pradisosiasi
$XY + e \longrightarrow$	$XY^+ + 2e + KE$	ionisasi molekul
$XY + e \longrightarrow$	$XY^* \rightarrow XY^+ + 2e + KE$	praionisasi

Keterangan :

X dan Y = atom

E = elektron

XY = molekul

* = keadaan tereksitasi

K = energi kinetik

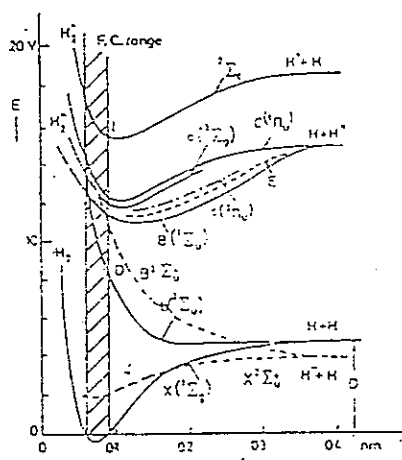
Tabel 2.2. Potensial ionisasi pertama berbagai molekul (Konuma, 1992)

molekul	potensial ionisasi pertama [eV]
H ₂	15.427
N ₂	15.576
O ₂	12.063
F ₂	15.7
Cl ₂	11.48
CO	14.013
NO	9.250
H ₂ O	12.614
CO ₂	13.769
NO ₂	9.78
N ₂ O	12.94
NH ₃	10.19
CH ₄	12.704
C ₂ H ₂	11.396
C ₂ H ₄	10.45
C ₂ H ₆	11.521

Jika energi yang diterima molekul lebih besar dari energi disosiasinya maka molekul akan terurai menjadi atom-atom penyusunnya. Energi disosiasi termal dan energi disosiasi oleh tumbukan elektron ditunjukkan dalam tabel 2.3. dan diagram energi potensial molekul H₂ ditunjukkan gambar 2.4.

Tabel 2.3. Energi disosiasi termal dan energi disosiasi oleh tumbukan elektron berbagai molekul (Konuma, 1992)

molekul	energi disosiasi termik (eV)	energi disosiasi dengan tumbukan elektron (eV)
H ₂	4.476	8.8
N ₂	9.760	24.3
O ₂	5.080	7
Cl ₂	2.475	3.7
NO	6.48	> 10



Gambar 2.4. Diagram energi potensial molekuler H_2 . (Konuma, 1992)

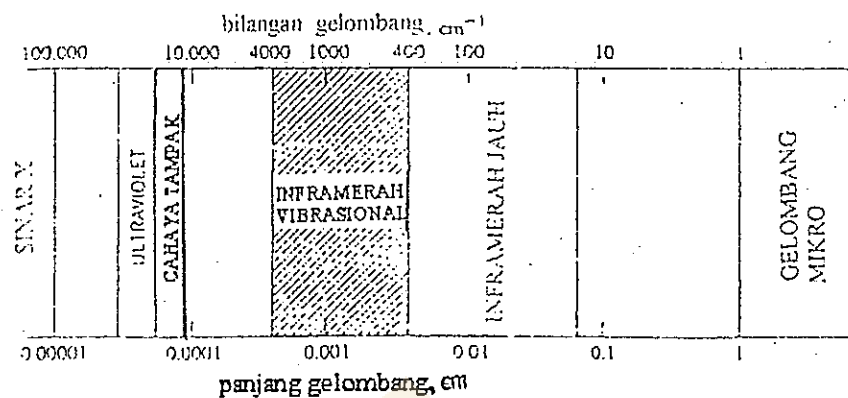
Proses eksitasi, ionisasi, disosiasi dan rekombinasi terjadi secara serentak. Rekombinasi adalah bergabungnya kembali atom-atom penyusun molekul yang telah terdisosiasi ion dengan ion atau ion dengan elektron.

2.4. Spektroskopi Inframerah

2.4.1. Spektrum inframerah

Radiasi inframerah pertama kali ditemukan oleh Sir William Herschel. Ilmuwan pada saat itu belum mengetahui sifat-sifat radiasi. Daerah inframerah pada spektrum elektromagnetik terletak diantara cahaya tampak dan gelombang mikro yaitu pada bilangan gelombang $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$ (Pecsok, 1976). Spektroskopi inframerah pada a-Si:H dapat dimanfaatkan untuk mengetahui konfigurasi atom lokal (Lucovsky dan Rudder, 1981). Penggunaan spektrofotometri inframerah lebih banyak ditujukan untuk identifikasi suatu

senyawa. Spektrum inframerah dari suatu senyawa bersifat khas. Senyawa yang berbeda akan mempunyai spektrum yang berbeda pula. Gambar 2.5. menunjukkan letak daerah inframerah dalam spektrum elektromagnetik.



Gambar 2.5. Daerah inframerah dalam spektrum elektromagnetik.
(Pecsok, 1976)

Suatu molekul mempunyai energi yang terdiri dari energi translasi, energi rotasi, energi getaran dan energi elektronik. Masing-masing memberikan sumbangan yang sifatnya terpisah (Noerdin, 1985). Transisi elektronik akan menyebabkan serapan atau pancaran pada daerah ultra lembayung dan daerah cahaya tampak. Rotasi murni menyebabkan serapan atau pancaran pada daerah gelombang mikro atau daerah inframerah jauh. Vibrasi molekul akan menyebabkan serapan pada daerah inframerah.

2.4.2 Energi molekuler

Suatu molekul terbentuk oleh ikatan antara 2 atom atau lebih, molekul ini terbentuk karena sistem gabungan mempunyai energi yang lebih kecil

dibandingkan sistem atomik terpisah yang tidak berinteraksi. Jika interaksi antara atom-atom memperkecil energi total maka akan terbentuk molekul, tetapi jika energi total sistem menjadi lebih besar maka tidak terbentuk molekul (Svanberg, 1992).

Keadaan energi molekuler ditimbulkan oleh rotasi molekul, vibrasi atom-atom, pembangun dan perubahan konfigurasi elektronik (Beiser, 1990).

1. Keadaan rotasional (*rotational state*)

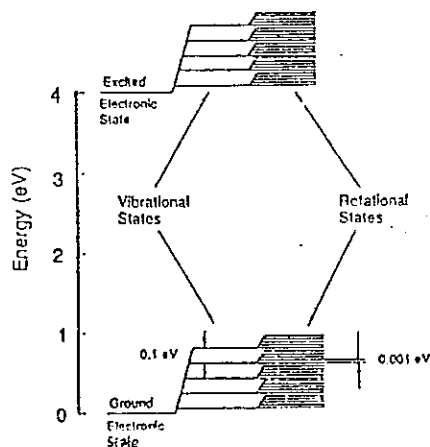
Keadaan rotasional suatu molekul terpisah oleh selang energi yang sangat kecil (sekitar 10^{-3} eV). Spektrum yang ditimbulkan oleh transisi antara keadaan rotasional terdapat pada daerah gelombang mikro dengan panjang gelombang 0.01-1 cm.

2. Keadaan vibrasional (*vibrational state*)

Keadaan vibrasional terpisah oleh selang energi yang lebih besar dibandingkan selang energi rotasional yaitu sebesar 0.1 eV. Spektrum yang ditimbulkan oleh transisi antara keadaan vibrasional terdapat pada daerah inframerah dengan panjang gelombang 1 μm –0.1 mm.

3. Keadaan elektronik molekuler (*molecular electronic state*)

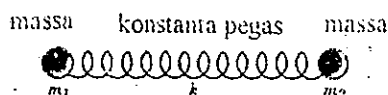
Keadaan elektronik suatu molekul terpisah oleh selang energi yang lebih besar dari selang energi vibrasional yaitu beberapa eV. Spektrum yang ditimbulkan oleh transisi antara keadaan elektronik terdapat pada daerah cahaya tampak hingga ultraungu dengan panjang gelombang 0.1 – 0.00001 mm. Gambar 2.6. menunjukkan skema tingkat-tingkat energi molekuler.



Gambar 2.6. Skema tingkat-tingkat energi molekuler. (Svanberg, 1992)

2. 4.3. Vibrasi molekuler

Spektrum inframerah suatu molekul merupakan hasil transisi tingkat energi vibrasi molekuler. Menurut Pecsok (1976) vibrasi molekuler dapat terjadi dengan 2 mekanisme. Pertama, kuantum radiasi inframerah mengeksitasi atom-atom sehingga bergetar secara langsung. Absorpsi pada daerah inframerah tersebut menghasilkan spektrum inframerah. Kedua, kuantum cahaya tampak dapat mengakibatkan atom-atom bergetar secara tidak langsung, dikenal sebagai efek Raman. Menurut Beiser (1990) gerakan vibrasi molekuler menyerupai gerakan dua bola yang dihubungkan dengan pegas seperti ditunjukkan oleh gambar 2.7.



Gambar 2.7. Pegas dengan dua atom pada kedua ujungnya. (Beiser, 1990)

Sistem pegas dengan dua massa tersebut bergetar dengan frekuensi ν . Besarnya frekuensi adalah (Beiser,1990):

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu}} \quad (9)$$

dengan

$$\mu = m_1 \cdot m_2 / (m_1 + m_2)$$

f = frekuensi getaran (Hz)

k = tetapan gaya (N/m)

μ = Massa tereduksi (Kg)

Creswell (1982) mengatakan bahwa ikatan kimia berbeda dengan sistem pegas dengan dua massa. Molekul hanya mempunyai tingkat energi getaran (vibrasi) tertentu (tercatu), sedang pegas dengan dua massa mempunyai energi yang kontinyu. Tingkat energi yang mungkin ialah (Creswell,1982):

$$E = \left(\nu + \frac{1}{2} \right) h f \quad (10)$$

dengan

E = energi getaran (J)

ν = bilangan catu getaran (0,1,2,3,...)

h = tetapan Planck (6.63×10^{-34} J.s)

f = frekuensi getaran (Hz)

Selisih antara dua tingkat energi getaran yang berurutan (ΔE) ialah (Creswell,1982):

$$\Delta E = h\nu \quad (11)$$

Menurut distribusi Boltzmann (Pecso, 1976) pada suhu kamar molekul berada pada tingkat energi getaran yang terendah. Absorpsi cahaya pada tingkat energi yang sama dengan selisih antara dua tingkat energi getaran akan menyebabkan

terjadinya transisi tingkat energi getaran. Cahaya dengan energi tersebut diperoleh pada cahaya inframerah dalam spektrum elektromagnetik (Creswell, 1982).

Dalam spektroskopi inframerah molekul diradiasi dengan frekuensi inframerah. Molekul menyerap radiasi yang sesuai dengan frekuensi getaran molekul tersebut dengan memperbesar energi getarannya. Frekuensi yang diserap tergantung dari frekuensi getaran molekul.

2.4.5. Ragam getaran molekul

Sastrohamidjojo (1990) mengatakan bahwa molekul bergetar dengan berbagai ragam getaran. Ragam getaran molekul dapat dibagi atas dua golongan yaitu:

1. Getaran regang (*stretching vibration*)

Pada getaran regang terjadi perubahan jarak antara dua atom dalam suatu molekul secara terus menerus. Getaran regang terdiri dari getaran regang simetris dan getaran regang asimetris

2. Getaran lentur (*bending vibration*)

Pada getaran lentur terjadi perubahan sudut antara dua ikatan kimia secara terus menerus.

Getaran lentur terdiri atas dua jenis getaran :

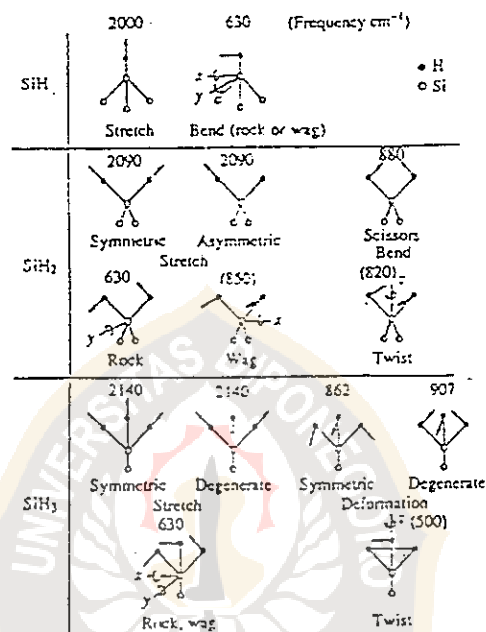
a. getaran lentur dalam bidang

getaran lentur dalam bidang terdiri dari getaran getaran goyangan (*rocking*) dan getaran guntingan (*scissoring*)

b. getaran lentur keluar bidang

getaran lentur keluar bidang terdiri dari getaran kibasan (*wagging*) dan getaran pelintiran (*twisting*)

Berbagai ragam getaran molekul di dalam a-Si:H ditunjukkan gambar 2.8.

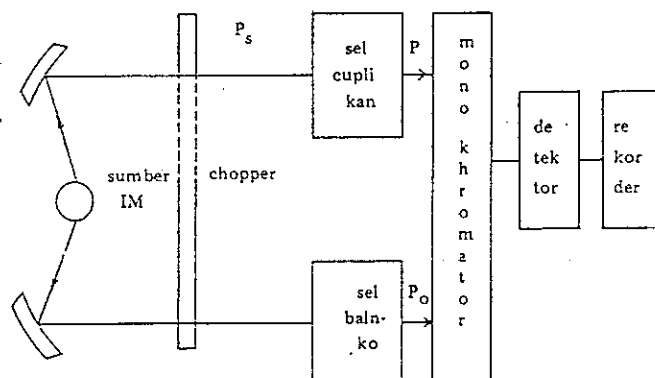


Gambar 2.8. Berbagai ragam getaran molekul dalam a-Si:H (Street, 1991)

2.4.6. Spektrofotometer inframerah

Spektrofotometer inframerah terdiri dari sumber cahaya inframerah, monokromator, sel cuplikan, detektor dan alat perekam spektrum. Skema komponen peralatan dalam spektrofotometer inframerah ditunjukkan gambar 2.9.

(Noerdin, 1985)



Gambar 2.9. Skema peralatan spektrofotometer infra merah (Noerdin, 1985).

Sumber inframerah berupa zat padat yang dipanaskan dengan arus listrik hingga mencapai temperatur $1500\text{-}2000^{\circ}\text{K}$. Akibat pemanasan zat padat maka akan timbul pancaran sinar kontinu yang menyerupai radiasi benda hitam. Menurut Sastrohamidjojo (1990) ada tiga jenis sumber cahaya inframerah yaitu Nernst Glower, Globar dan kawat nikrom yang dipanaskan.

Monokromator terdiri dari celah masuk dan celah keluar, pendispersi dan beberapa cermin untuk memantulkan dan memfokuskan berkas sinar (Noerdin, 1985). Monokromator digunakan untuk memilih range panjang gelombang yang diinginkan. Detektor inframerah yang digunakan untuk mendeteksi sinar inframerah adalah detektor kalor atau detektor yang didasarkan pada hantaran foton. Detektor kalor adalah detektor yang bekerja berdasarkan efek pemanasan yang ditimbulkan oleh sinar inframerah. Detektor fotolistrik tidak dapat digunakan karena energi foton inframerah tidak cukup besar untuk membebaskan elektron dari permukaan katoda suatu tabung foton. Menurut Noerdin (1985) ada

tiga macam detektor kalor yaitu termokopel, detektor Golay dan bolometer. Rekorder digunakan untuk merekam spektrum inframerah dari cuplikan yang dianalisa.

